

## ドボク模型で学ぶ「土質力学」(その1)

株式会社 藤井基礎設計事務所 藤井 俊逸

### 1. はじめに

土木構造物には土質力学が欠かせない。「ドボク模型」を用いることで、土木構造物どのように土質力学が使われているのかを、一般の人にもわかるようにした。「ドボク模型」は100円ショップやホームセンターで手に入る材料で、土木事象を表現するものである。ここでは、「土のう」の事例と「トンネル」の事例で説明を行う。

### 2. 「土のう」模型<sup>1)2)</sup>

#### (1) モデル化の方法

- a) 土のう袋 ⇔ トイレットペーパー：日頃使用しているが外力には耐えられないイメージがある。
- b) 中詰め土 ⇔ ストロー：断面を土粒子に見立て、その集合体を二次元化。
- c) 荷重 ⇔ 漬物石など。

#### (2) 実験方法と実験結果

ケース1 トイレットペーパー無し

写真-1・写真-2を参照。

ケース2 トイレットペーパー有り

写真-3～写真-5を参照。

#### (3) 土のうの土質力学

土の粒子は押し付ける力には強いが、離れる力には弱い性質を有するため、土の粒子を拘束して、ずれに抵抗する力(せん断力)を増してやれば大きな力に抵抗できる。

ケース1の場合、土に見立てたストロー同士を押し付ける力が働かないので、せん断抵抗力が生まれず、重りを支えることができない。

ケース2の場合、トイレットペーパーで巻いたストローには押し付ける力が働き、重りが大きくなるほど押し付ける力も大きくなる。押し付ける力はせん断抵抗力を生み出し、ストロー同士がずれることが出来なくなる。その結果、大きな力に抵抗することができる。

### 3. 「トンネル」模型<sup>2)3)</sup>

#### (1) モデル化の方法

- a) トンネル支保工 ⇔ 厚紙：アーチ形状
- b) 地盤 ⇔ ナット：土粒子の2次元モデル
- c) ロックボルト ⇔ ガムテープを細く切ったもの

#### (2) 実験方法

水平に置いた模型木枠に、紙で作ったトンネル断面、整形用の型、周面にナットを配置する(写真-6)。

模型木枠をゆっくり起こすと、ナットに木枠をすべり落ちる力が作用する。この方法で重力を与える。



写真-1  
ストローの山に重り(約1kgf)を載せる



写真-2  
重りは沈み込む



写真-3  
ストローをトイレットペーパーで巻く



写真-4  
重り4kgfを載せても沈まない



写真-5  
重り25kgfを載せても沈まない

#### (3) 実験結果

ケース1 ロックボルト無し

ナットの重みでトンネル断面がつぶれる(写真-7)。

ケース2 ロックボルト有り

模型を最初の状態にセットし、トンネル断面の周囲に、ロックボルトに見立てたガムテープを放射状にナットに貼る(写真-8)。模型をゆっくり起こすとトンネル断面

は潰れない。

#### (4) トンネルの土質力学

ガムテープに接着されたナットは固定され、その周辺のナットも動きにくくなる。写真-9のような動きにくいブロックが形成される。ブロックはクサビ状なので、トンネル内空方向にクサビが食込みトンネルは内空変位を発生する。その結果、クサビはだんだん硬くなっていく。写真-10の山が崩れる力（下向き矢印）を、土の中にできたブロックが支える形になる。最後にコンクリートで覆工してトンネルが完成する。

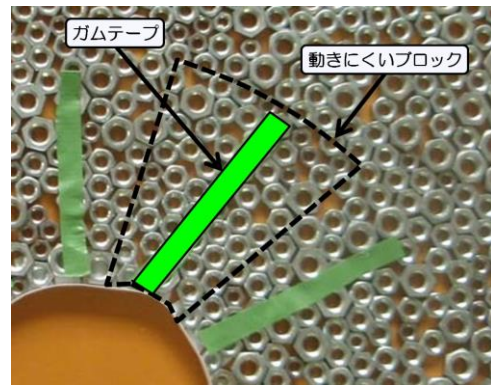


写真-9 ロックボルト周辺がブロックとなる

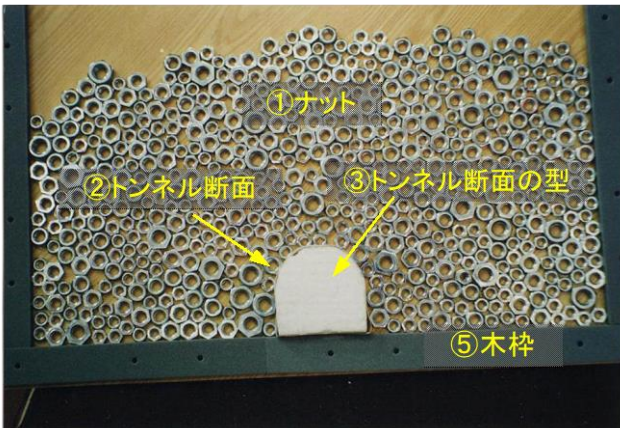


写真-6 トンネル模型作成

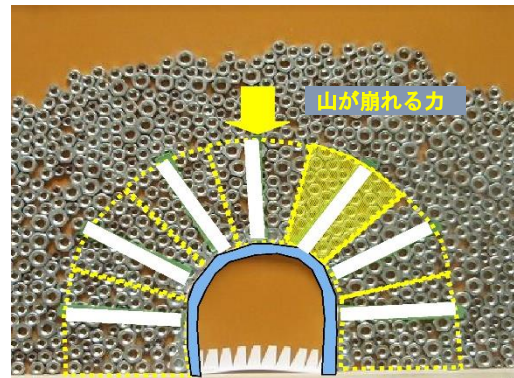


写真-10 地盤内ブロックが崩れる力を支える



写真-7 ケース1 トンネル断面はつぶれる

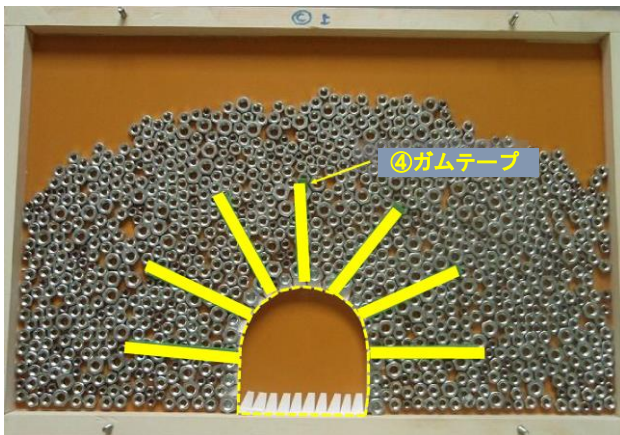


写真-8 ケース2 トンネル断面はつぶれない

#### 4. おわりに

「ドボク模型」を使って土質力学を考えることで親しみやすくなる。社員への技術伝承や発注者への説明にも役立っている。「手を動かして作ってみる」「作りながら学ぶ」ということが大切だと考える。是非、自分で作り、そして、多くの人に見せて自慢して欲しい。見せる場としては、以下が考えられる。

- a) 工事関係者（発注者・コンサルタント・施工業者）への説明
- b) 地元説明会で一般の人への説明
- c) 家に持ち帰り家族に説明

#### 《引用・参考文献》

- 1) 藤井俊逸（2014. 3. 24）：ドボク模型プレゼン講座第3回土のうの強さの秘密とは、p54-57, 日経コンストラクション。
- 2) 藤井俊逸（2015）：模型で分かるドボクの秘密, p7-16, p27-36, 日経 BP 社。
- 3) 藤井俊逸（2014. 2. 24）：ドボク模型プレゼン講座第2回トンネルはなぜ崩れない, p58-61, 日経コンストラクション。